

Exposição profissional a nanopartículas na fabricação de peças por soldadura a laser

Professional exposure to nanoparticles in the manufacture of parts by laser welding

Esteves H.^{1,2}, Gomes J.^{2,3}, Miranda, R.¹, Albuquerque P.^{2,4}

¹ UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2825-516 Caparica, Portugal
² CERENA – Centro de Recursos Naturais e Ambiente / Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal
³ Área Departamental de Engenharia Química, ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa – Instituto Politécnico de Lisboa, R. Conselheiro Emídio Navarro, 1959-007 Lisboa, Portugal
⁴ ESTeSL - Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Av. D. João II, Lote 4.69.01, 1990-096 Lisboa, Portugal

Helder.esteves@tecnico.ulisboa.pt

INTRODUÇÃO

A soldadura é o principal processo industrial utilizado para unir metais. Contudo, pode produzir fumos nocivos para a saúde dos trabalhadores e estima-se que, presentemente, 1-2% de trabalhadores (cerca de mais de 3 milhões), estejam sujeitos à ação de fumos e gases de soldadura (1).

Os riscos inerentes aos processos de soldadura podem ser classificados como riscos decorrentes de agentes físicos e riscos relacionados com os componentes químicos. Por outro lado, as propriedades físicas e químicas dos fumos e os fatores individuais dos trabalhadores são fatores preponderantes na deposição de partículas inaladas (2). No entanto, ainda existem incertezas sobre o papel das partículas finas e ultrafinas (nanopartículas) em relação a outros poluentes atmosféricos que causam efeitos adversos para a saúde.

A nível dos processos de soldadura, diversos autores demonstraram um aumento da incidência de doenças respiratórias de quatro vezes na incidência de asma entre soldadores dos Estados Unidos da América (EUA) em relação à população geral, e um aumento de duas vezes na capacidade de resposta das vias aéreas em soldadores *versus* não-soldadores no mesmo ambiente de trabalho (3).

A exposição a fumos de soldadura no corpo humano pode despoletar o aparecimento de efeitos diferentes dependendo da composição desses fumos (4). Algumas dessas composições têm efeitos a curto prazo, tais como a designada “febre do soldador”. Contudo, os fumos de soldadura podem provocar efeitos a longo prazo nomeadamente: irritação da pele, irritação do trato respiratório, lesões nos rins e fígado, efeitos dermatológicos, doenças pulmonares do tipo asmáticas; efeitos crónicos que incluem cancro (nariz, laringe, pulmão) (5).

Estas situações de exposição profissional são de elevada complexidade e envolvem a componente inerente ao indivíduo, às condições de trabalho e à atividade desenvolvida (6) sendo necessário aplicar uma abordagem integrada no processo de diagnóstico, avaliação e gestão do risco, adaptada a cada situação específica (7).

DESENVOLVIMENTO

A realização das medições que constam deste estudo teve a duração de um mês (Fevereiro 2018). Foram realizadas medições com a duração de uma hora nos locais onde os trabalhadores habitualmente desempenham funções.

A recolha de dados foi efetuada com seguintes equipamentos:

- *Nanoparticle Surface Area Monitor (NSAM)*, TSI, Modelo 3550 (Fig. 1 e 2), para determinação de áreas superficiais depositadas no pulmão humano expressas como micrómetros quadrados por centímetro cúbico de ar ($\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$).

- *NanoScan Scanning Mobility Particle Sizer Spectrometer (SMPS)*, Modelo 3910 da TSI Incorporated (Fig. 3) para determinação da distribuição granulométrica de nanopartículas. Este equipamento permite medir a distribuição por tamanhos de partículas ultrafinas entre os 10 e os 420 nm, medição feita através da separação das partículas com base na sua mobilidade elétrica.

Os equipamentos foram colocados de forma a efetuarem as colheitas a cerca de 1,5 m, altura média das fossas nasais. Em termos de avaliação, a análise estatística de dados teve por base a utilização de software Excel.

Fig. 1 – TSI Modelo 3550 – Nanoparticles Surface Area Monitor (NSAM), mede a área superficial de nanopartículas depositadas nos tratos alveolares e traqueobronquiais dos pulmões humanos, com base na carga de difusão.



Fig. 2 – Esquema demonstrativo do funcionamento do equipamento NSAM.

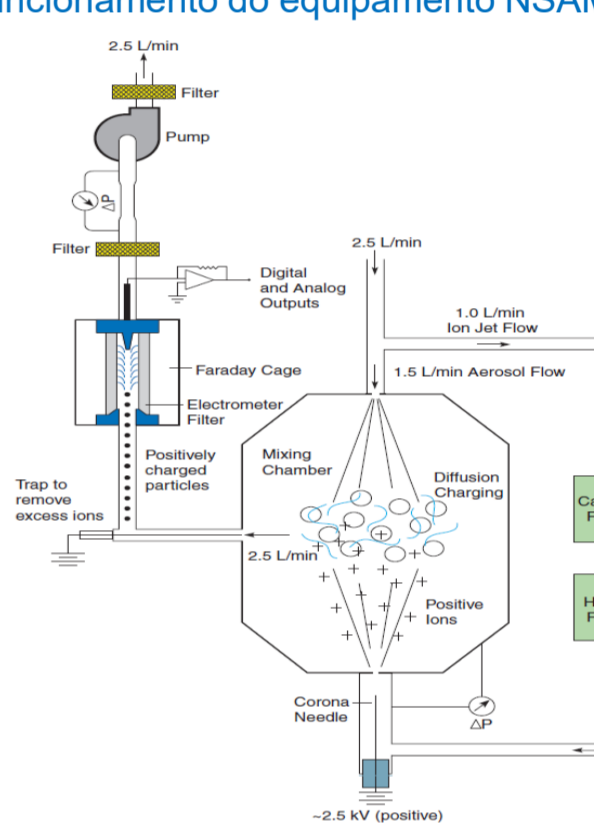


Fig. 3 – TSI Model 3910 – NanoScan SMPS Nanoparticle Sizer (SMPS), para determinação da distribuição granulométrica de nanopartículas.



CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com o presente estudo revelaram a existência de emissão expressiva de nanopartículas de aço no posto de trabalho do controlador do equipamento, na sala fechada com ambiente controlado, e no equipamento instalado na empresa. O valor da maior libertação de nanopartículas verificou-se na sala com ambiente controlado, eventualmente devido à sua reduzida dimensão e por não existir dispersão de nanopartículas como acontece na nave industrial da empresa.

É possível verificar que em ambos os casos os valores da exposição dos postos de trabalho em estudo assumem valores muito significativos, com exposição a granulometrias reduzidas de nanopartículas (15,4 nm), tornando possível a sua entrada no organismo humano por diversas vias.

Pela análise de resultados podemos concluir que esta tecnologia, processa materiais muito finos que levam a uma grande emissão de nanopartículas de muito pequenas dimensões (predominando nanopartículas de 15,4 nm) com forte capacidade de penetração alveolar e, conseqüentemente, forte possibilidade de passarem para a corrente sanguínea, e podendo, assim, vir a ser transmitidas a outros órgãos. A maioria das partículas encontradas estão compreendidas na escala nano, no intervalo compreendido entre as 1-100 nm.

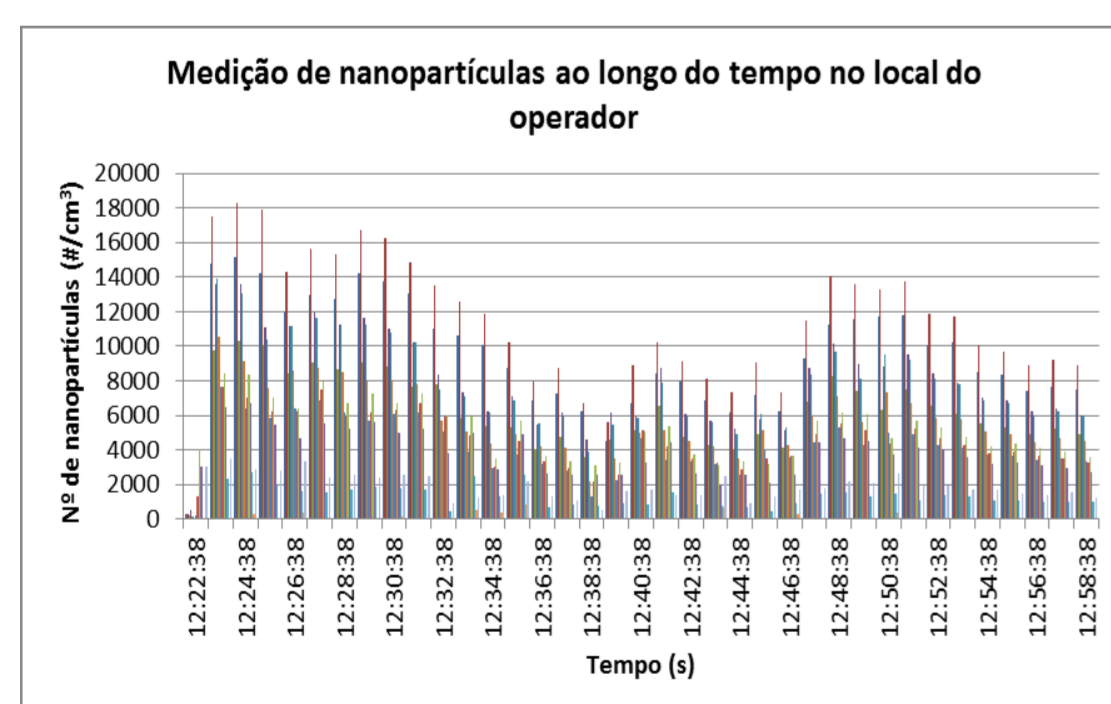


Fig. 1 – Número de nanopartículas ao longo do tempo no local de trabalho do operador.

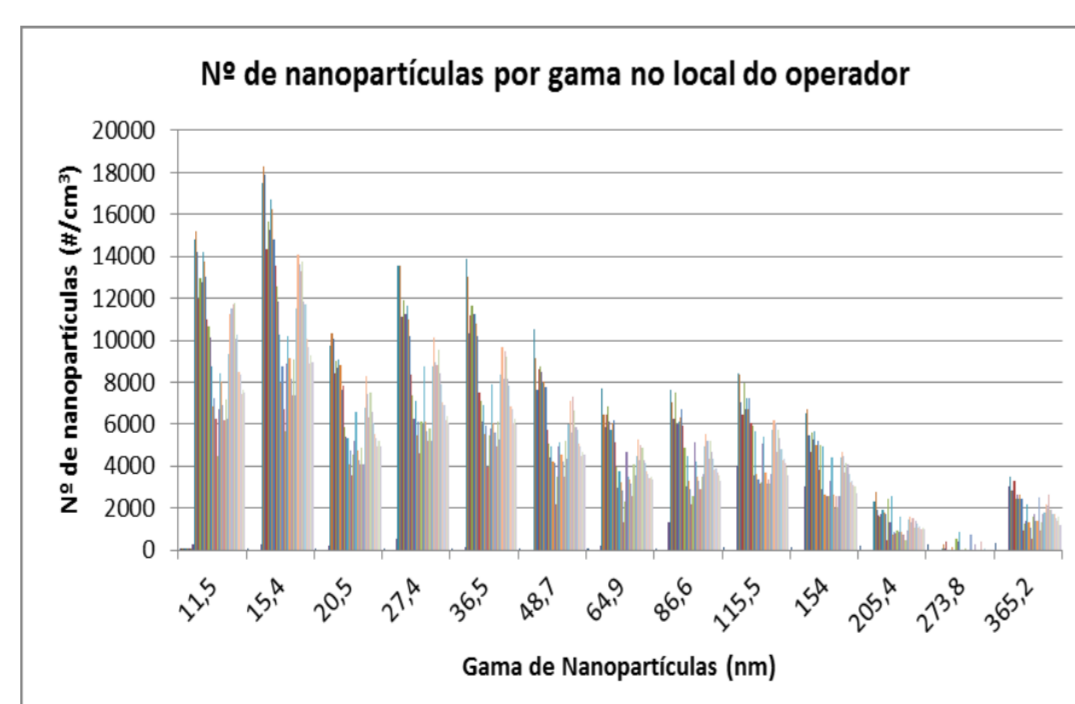


Fig. 2 – Número de nanopartículas por gama no local de trabalho do operador.

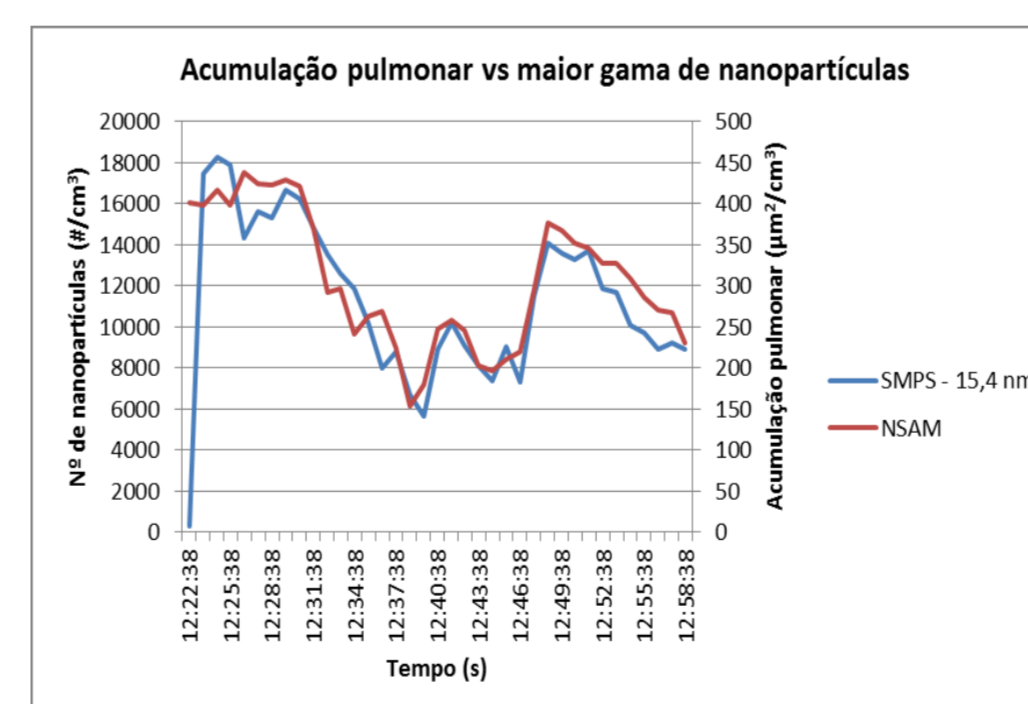
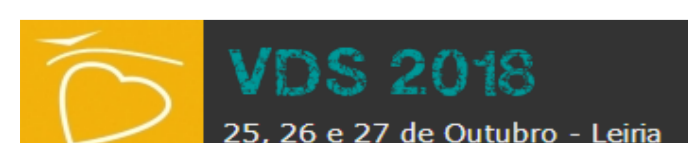


Fig. 3 – Número de nanopartículas por tempo vs acumulação pulmonar no local de trabalho do operador.

Tabela 1 – Resultados das medições no posto de trabalho do controlador do equipamento no ambiente controlado do protótipo e na empresa.

Medições	Valor mais alto de nanopartículas (#/cm³)	Valor mais alto da Gama de Nanopartículas (nm)	Valor mais alto de acumulação pulmonar ($\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$)
Protótipo em ambiente controlado	18288,9180	15,4	438,117
Laboraço na empresa	14111,2227	15,4	355,967

LOGOTIPOS



Referências:

- [1] - Pires I., Quintino L., Miranda R. – Analysis of the influence of shielding gas mixtures on the gas metal arc welding metal transfer modes and fume formation rate. Elsevier Ltd; 2006.
- [2] - Dockery, D. et al.; An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. N Engl J Med. Dec 9; 329(24):1753-9; 1993.
- [3] - Pascal L., Tessier D.. Cytotoxicity of chromium and manganese to lung epithelial cells in vitro. Toxicology Letters 147 143 -151; 2004.
- [4] - Golbabaei, F., Khadem M.. Air Pollution in Welding Processes- Assessment and Control Methods. Chapter 2 in Current Air Quality Issues; 2015.
- [5] - Forti E., Salovaara S., Cetin Y., Bulgheroni A., Tessadri R., Jennings P., Pfaller W., Prieto P.. In vitro evaluation of the toxicity induced by nickel soluble and particulate forms in human airway epithelial cells. *Toxicology in Vitro* 25 454 -461; 2011.
- [6] - Sousa-Uva, A. ; Diagnóstico e Gestão do Risco em Saúde Ocupacional. Lisboa, Instituto para a Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho; 2006.
- [7] - DGS (Direcção-Geral da Saúde); Programa Nacional de Saúde Ocupacional (PNSOC) – 2º Ciclo 2013/2017. s.l.: Direcção-Geral da Saúde; 30 de Dezembro de 2013.